

ÜBER DIE ORGANISCHEN STOFFGEHALTSVERÄNDERUNGEN DES DONAUWASSERS BEIM STROMKM 1669

(DANUBIALIA HUNGARICA LXXIX)

Von

E. V. KOZMA

Ungarische Donauforschungsstation, Göd

Eingegangen: 10. März 1975

Die Rolle des organischen Stoffes im Wasserbiotop ist sehr mannigfaltig. Durch seine Erforschung können wir zum Teil auf den Stoffumsatz der Gewässer, zum Teil auf ihre äußeren Verunreinigungsquellen entsprechende Angaben gewinnen.

Im Zusammenhang mit dem organischen Stoffgehalt des Donauwassers und mit seinen Veränderungen führen wir schon seit langem Untersuchungen durch (D v i h a l l y 1973, K o z m a 1972). Im Laufe dieser Untersuchungen haben wir festgestellt, daß auch für das Donauwasser die weiteren Zusammenhänge eine Gültigkeit haben: *a)* in ihren Änderungen kann eine jahreszeitliche Periodizität beobachtet werden: ihre Menge ist winters größer, im Sommer hingegen kleiner; *b)* die Menge des geformten organischen Stoffes ist immer weniger, als die des gelösten; *c)* die Menge des geformten organischen Stoffes nimmt im Sommer zu.

Bei der Untersuchung der im Dunkeln und bei Licht 5,8 und 12 Tage lang inkubierten Proben kamen wir auf die Überzeugung, daß der Grund für die Abweichungen im Winter und im Sommer daran liegen, daß die Geschwindigkeit, die Intensität des Abbaues des organischen Stoffes bei Licht und im Dunkeln verschiedenartig vor sich geht. Wir haben angenommen, daß von der starken Winterkälte und dem ungünstigen Lichtklima die Lebensfunktionen der im Abbau des organischen Stoffes eine Rolle spielenden Organismen nachteilig beeinflusst werden. Da sich ihre Fortpflanzung und Lebensfunktionen gleichfalls verlangsamen, zieht sich auch der Abbau des organischen Stoffes hin und dadurch nimmt seine Menge zu (K o z m a 1975).

Aus dem Vorhaben, um diese Annahme noch besser annähern zu können, haben wir folgende Untersuchungen durchgeführt: ein ganzes Jahr hindurch (10. Jan. — 20. Dez. 1974) haben wir beim Stromkm 1669 wöchentlich Wasserproben entnommen. Es wurde aus filtriertem und unfiltriertem Wasser der Sauerstoffverbrauch gemessen, sodann haben wir eine 100 ml-Flasche mit 6 eingeschliffenen Glaskorken bis an den Rand

mit unfiltriertem Donauwasser gefüllt. Drei Proben wurden bei 20 °C, drei hingegen bei 5 °C ins Dunkle gesetzt. Am 5., 8., und 12. Tag nach der Probeentnahme haben wir aus je einer Probe den Sauerstoffverbrauch bestimmt. — Obwohl die Anwendung des Kaliumbichromats immer mehr um sich greift, haben wir die in unserer Arbeit vorkommenden Daten mit Hilfe der Kaliumpermanganat-Methode gewonnen. Die Ursache hierfür liegt daran, um die Daten der seit zehn Jahren anhaltenden Untersuchungen miteinander vergleichen zu können. Die Daten haben wir in mg O₂/l ausgedrückt.

Die Ergebnisse der am Tage der Probeentnahme aus filtriertem und unfiltriertem Wasser durchgeführten Bestimmungen sowie die Änderungen des Wasserstandes zeigt Abb. 1.

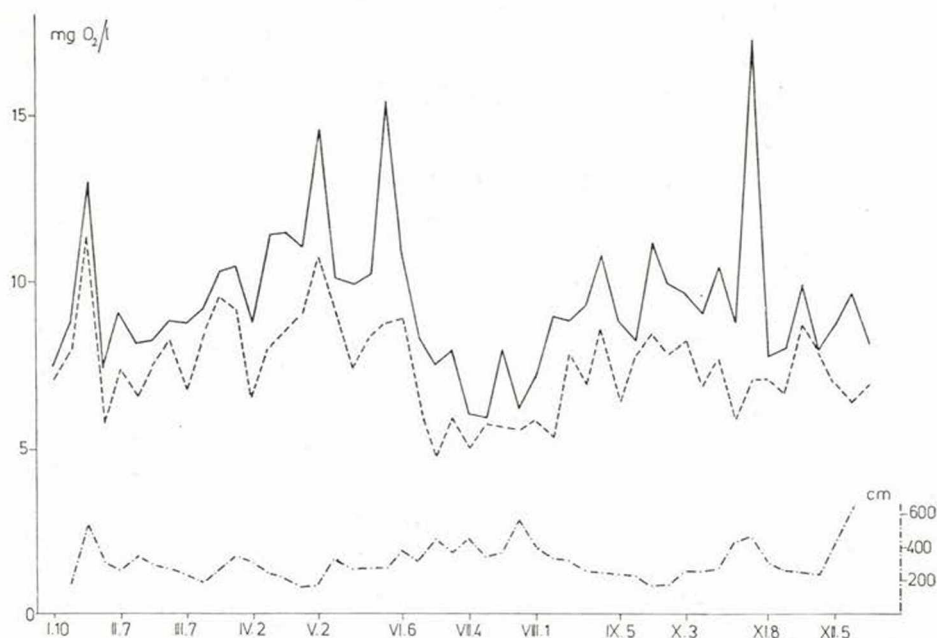


Abb. 1. Sauerstoffverbrauchswerte des filtrierten (— — —) und unfiltrierten (——) Wassers sowie Daten des Wasserstandes (unten)

Mit den ähnlichen Untersuchungen der früheren Jahren verglichen zeigen die Ergebnisse des Jahres 1974 eine gewisse Abweichung. Die höchsten Werte fanden wir in den Monaten Januar, April und Mai vor. Die Minimumwerte des Sommers beschränkten sich auf Juni und Juli, außerdem trat in den Monaten Februar und März eine Periode mit niedrigeren Werten auf. Das Anwachsen der Werte im Herbst zeigte sich — abgesehen vom hervorspringend hohen Sauerstoffverbrauch am 31. Oktober — etwas verschwommener. In dieser Periode zog eine mittlere Flut-

welle an der Donau ab. Die Trübheit des Wassers nahm stark zu, besonders am 24. Oktober war das Wasser außerordentlich reich an Schwebestoff. G. Szemes hat im Laufe seiner gleichzeitig vorgenommenen Untersuchungen festgestellt, daß zur gegebenen Periode die Zahl der Algen im Donauwasser in außergewöhnlichem Maße abgenommen hat, von den üblichen Oktoberwerten war nur ein geringer Teil vorhanden. Wahrscheinlich widerspiegeln die Sauerstoffverbrauchswerte diesem Zustand.

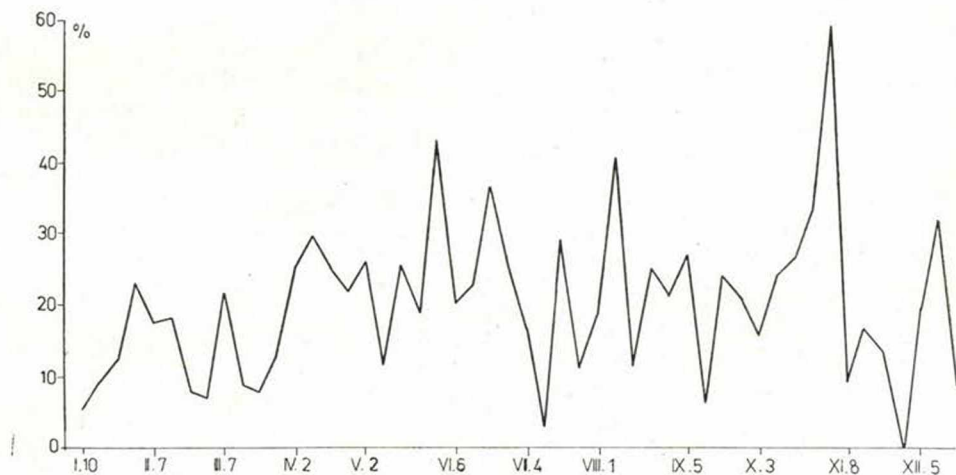


Abb. 2. Menge des partikulären organischen Stoffes im Prozentsatz des gesamten organischen Stoffes

Die aus filtriertem und unfiltriertem Wasser gewonnenen Daten folgen, wie üblicherweise, mehr oder weniger parallel einander. Die Daten aus dem filtrierten Wasser sind mit dem gelösten organischen Stoffgehalt, die aus dem unfiltrierten Wasser gewonnenen hingegen mit dem gesamten organischen Stoffgehalt proportionell. Der Unterschied der beiden widerspiegelt die Menge des geformten organischen Stoffes. Abb. 2 zeigt den Unterschied zwischen den beiden Messungen, d. h. die Menge des geformten (partikulären) organischen Stoffes im Prozentsatz des gesamten organischen Stoffes. Seine Menge ist in den kalten Monaten geringer, nimmt in den warmen, vom Gesichtspunkt der Produktion wichtigen Perioden zu. Sehr interessant ist der hervorspringende hohe Wert vom 31. Oktober, der sich mit der starken Schwebestoffführung des Donauwassers erklären läßt. Aus den Daten können wir darauf schließen, daß der Schwebestoff in großer Menge organischen Detritus enthalten hat.

Auf Grund der Darstellungen können wir einen engeren Zusammenhang zwischen dem Sauerstoffverbrauch und dem Wasserstand nicht feststellen. Es ist aber eine Tatsache, daß Flut und Ebbe die Schwebestoffführung des Wassers stark beeinflussen und ihre Größe sich auch in den Werten des Sauerstoffverbrauches widerspiegeln kann.

Tabelle I

		1	2	3	4	5	6
10.	I.	7,0	5,5	1,5	0,8	1,6	2,2
17.	I.	7,9	6,7	1,2	1,9	1,0	0,6
24.	I.	9,3	8,5	0,9	1,0	0,3	1,1
31.	I.	5,6	5,3	0,3	-0,7	1,4	0,3
7.	II.	7,0	6,7	0,2	0,6	0,9	-0,7
14.	II.	6,5	6,3	0,2	0,3	0,1	0,3
21.	II.	6,6	6,8	-	0,1	0,5	0,9
28.	II.	6,7	6,3	0,4	0,5	0,3	0,4
7.	III.	7,9	7,3	0,6	0,3	0,9	0,5
14.	III.	8,2	7,9	0,3	0,7	0,1	0,3
21.	III.	8,5	7,5	1,0	1,9	0,6	0,5
29.	III.	8,4	7,3	1,1	1,1	0,9	1,4
2.	IV.	5,9	6,0	-	1,3	0,6	0,4
11.	IV.	9,1	6,2	2,9	2,8	3,5	2,4
18.	IV.	7,9	7,8	0,1	-0,3	0,0	0,6
25.	IV.	8,8	7,3	1,5	1,8	2,2	0,5
2.	V.	10,6	10,3	0,3	0,9	0,4	-0,4
9.	V.	8,7	8,1	0,6	-0,3	0,3	1,6
16.	V.	7,9	6,4	1,5	1,4	1,1	1,8
24.	V.	8,6	8,0	0,6	2,0	-1,6	1,5
30.	V.	9,6	7,8	1,8	1,1	1,2	3,1
6.	VI.	8,6	8,5	0,1	0,3	0,0	0,0
13.	VI.	6,9	6,5	0,4	0,1	0,9	0,3
20.	VI.	5,7	5,3	0,4	0,7	0,0	0,6
27.	VI.	6,1	5,5	0,6	0,4	0,6	0,9
4.	VII.	5,8	4,4	1,4	0,9	2,5	0,9
11.	VII.	5,4	4,7	0,7	0,8	0,5	0,8
18.	VII.	6,2	6,1	0,1	-0,6	0,4	0,5
25.	VII.	5,5	5,0	0,5	0,4	0,0	1,2
1.	VIII.	5,8	4,9	0,9	0,2	0,9	1,6
8.	VIII.	6,3	6,7	-	-0,7	-1,5	1,1
15.	VIII.	7,6	6,5	1,1	1,1	1,7	0,4
22.	VIII.	7,5	7,1	0,4	-0,2	0,2	1,2
29.	VIII.	7,8	6,9	0,9	0,3	1,5	0,8
5.	IX.	7,6	6,6	1,0	1,1	0,5	1,5
12.	IX.	7,8	7,1	0,7	1,0	1,0	0,1
19.	IX.	8,9	7,7	1,1	1,6	1,3	0,5
26.	IX.	8,1	7,4	0,7	1,1	0,1	1,0
3.	X.	8,3	7,3	1,0	0,8	0,8	1,3
10.	X.	7,1	5,9	1,2	0,4	2,2	1,1
17.	X.	7,7	7,0	0,7	-1,3	2,2	1,3
24.	X.	20,8	17,4	3,4	-1,6	6,8	5,0
31.	X.	6,6	6,4	0,2	0,3	0,5	-0,2
8.	XI.	6,7	5,7	1,0	0,8	0,5	1,8
14.	XI.	7,3	6,5	0,8	0,3	1,2	0,9
21.	XI.	9,0	8,2	0,8	1,6	0,0	0,8
28.	XI.	7,3	7,0	0,3	0,8	0,4	0,1
5.	XII.	7,3	5,9	1,4	1,3	1,6	1,1

Die Meßergebnisse der warm- und kaltinkubierten Proben zeigt T a b. I. an. Die erste Rubrik enthält den Durchschnitt der kaltinkubierten Proben am 5., 8. und 12. Tage; die zweite Rubrik den Durchschnitt der warminkubierten Proben am 5., 8. und 12. Tage; die dritte Rubrik den Unterschied der beiden; die vierte, fünfte und sechste Rubrik den Unterschied der am 5., 8., und 12. Tage (also im gleichen Zeitpunkt) gemessenen Ergebnisse der kalt und warminkubierten Proben. Angesichts dessen, daß in der überwiegenden Mehrheit der Fälle das Meßergebnis der kaltinkubierten Probe größer war, als die der warminkubierten, zeigt der Unterschied immer das an, um wieviel wir in der kaltinkubierten Probe mehr gemessen haben, als in der warminkubierten. In den vereinzelt Fällen, wo wir in der warminkubierten Probe den größeren Wert gemessen haben, versehen wir dies mit einem Minus-Vorzeichen. — Sämtliche Ergebnisse der Tabelle sind in mg O_2/l ausgedrückt. Der Veranschaulichung halber haben wir die Daten der dritten Rubrik auch in einer Abbildung festgehalten (Abb. 3).

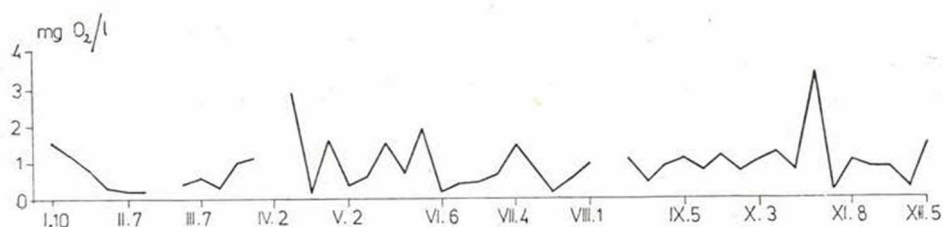


Abb. 3. Unterschied der Meßergebnisse der warm- und kaltinkubierten Proben

Aus den Daten können wir folgende Schlußfolgerungen ziehen:

In den kaltinkubierten Proben war — von einigen Ausnahmen abgesehen — der Sauerstoffverbrauch größer, als in den warminkubierten. Dies bedeutet, daß in den kaltinkubierten Proben die Menge des organischen Stoffes stets größer war, als in den warminkubierten. Fassen wir Abb. 3 ins Auge und vergleichen sie mit Abb. 2 — die die Jahresänderungen des geformten (partikulären) organischen Stoffes veranschaulicht — so finden wir im Ablauf der beiden Kurven, wenn auch nicht vollständig, auch in mehreren Jahresperioden eine Ähnlichkeit vor. Dies ist besonders dann interessant, wenn wir in Betracht nehmen, daß die eine Kurve die Menge des im Donauwasser vorhandenen geformten organischen Stoffes, die andere den Unterschied zwischen den Durchschnittswerten der kalt- und warminkubierten Proben angeben. Dem Anscheine nach baut sich in der Kälte vor allem der partikuläre organische Stoff mit kleinerem Wirkungsgrad ab, da ja im allgemeinen der organische Stoff in den kaltinkubierten Proben im Vergleich zu den warminkubierten nur dann in bedeutend höherer Menge erhalten bleibt, wenn auch die Menge des partikulären organischen Stoffes im Donauwasser zugenommen hat.

Diese Annahme — wenn es auch als wahrscheinlich zu betrachten ist, daß in ungünstigen Verhältnissen die Oxydation eines gelösten Stoffes leichter vor sich geht, als die der geformten Teilchen — harret auf experimentellem Wege noch des Beweises.

Für das Maß der in der Kälte und bei Wärme erfolgten Oxydation geben die Rubriken 4—6 der Tab.1 Auskunft. Als besonders interessant kann der Vergleich der jährlichen Durchschnittswerte der einzelnen Rubriken betrachtet werden. Im Laufe der fast einjährigen Untersuchung erhielten wir bei der Errechnung der Unterschiede der 5. — 8. bzw. 12. Tage die folgenden Werte:

Unterschied am	5. Tage:	0,64 mg O ₂ /l	
„ „	8. „	: 0,90	„
„ „	12. „	: 0,94	„

Dies bedeutet so viel, daß durchschnittlich in den warminkubierten Proben — im Gegensatz zu den kaltinkubierten — sich organische Stoffe von größerer Menge abgebaut haben u. zw. proportionell mit dem 0,64 mg O₂/l — (innerhalb von 5 Tagen), 0,90 mg O₂/l — (innerhalb von 8 Tagen), 0,94 mg O₂/l — (innerhalb von 12 Tagen) Sauerstoffgehalt. Mit der Zeit blieb also in den kaltinkubierten Proben immer mehr organischer Stoff unabgebaut. Dies ist der eine Grund dafür, daß wir in den Wasserproben im Winter im allgemeinen viel mehr Sauerstoffverbrauch gemessen haben, als im Sommer. Natürlich ist dies nur der eine Grund, denn wir dürfen die quantitativen und qualitativen Verhältnisse der Wasserorganismen nicht außer acht lassen sowie auch nicht die ebenfalls sehr wichtigen Licht- und eventuellen Eisverhältnisse.

E r t l und T o m a j k a haben in ihrer Arbeit (1973) den gelösten Sauerstoffverbrauch des Donauwassers untersucht und im Zusammenhang mit der Menge des organischen Stoffes folgendes festgestellt: „Eine dauernde, das ganze Jahr anhaltende Sauerstoffuntersättigung der Donau (mit Ausnahme von einigen kürzeren Zeitabschnitten) weist darauf hin, daß im Abschnitt oberhalb des Stromkilometers 182 der Sauerstoffverbrauch größer ist als die Gesamtsumme des Sauerstoffes, der in das Wasser durch Diffusion eindringt und des Sauerstoffes, der im Laufe der Photosynthese durch die Wasservegetation produziert wird.“

Es ist tatsächlich interessant den gelösten Sauerstoffgehalt und den Sauerstoffverbrauch nebeneinanderzustellen. Wir versuchten die Daten unserer zehnjährigen Untersuchungsreihe von diesem Gesichtspunkt aus miteinander zu vergleichen. Beim Stromkm 1669 werden von uns seit zehn Jahren wöchentlich Wasserproben entnommen. Von den auf diese Weise erhaltenen Angaben stellen wir die monatlichen Durchschnittswerte der Menge des gelösten Sauerstoffes, des Sauerstoffverbrauches und des Ammonium-Ions — als eines der wichtigeren Verunreinigungsanzeiger — in Abb. 4 dar. Der Veranschaulichung halber werden die Angaben des Sauerstoffverbrauches und des gelösten Sauerstoffes an einer graphischen Darstellung angeführt. Auch den Sauerstoffver-

brauch drücken wir in O_2/l aus und es werden an der graphischen Darstellung dieselben Maßstäbe angewendet. — Die Daten des Sauerstoffverbrauches beziehen sich auf das gefilterte Wasser.

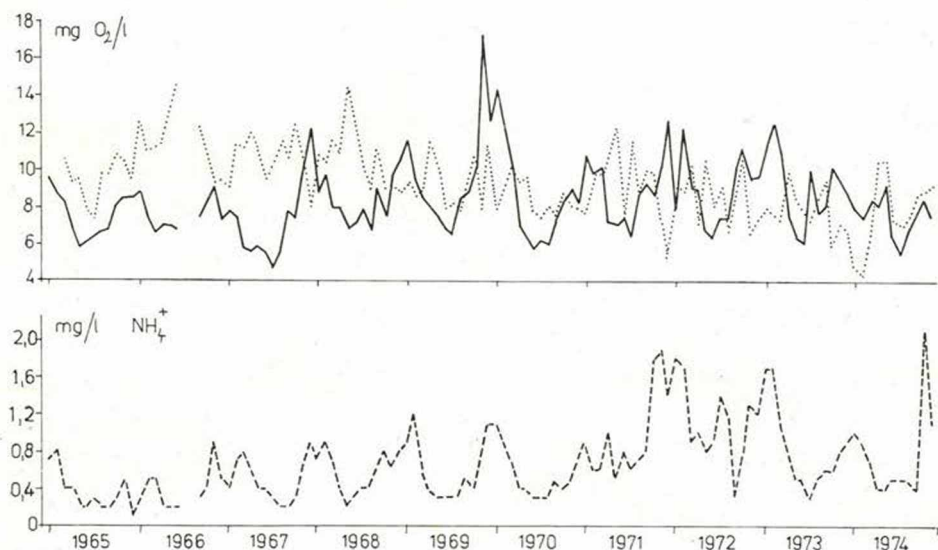


Abb. 4. Monatliche Durchschnittswerte des Sauerstoffverbrauches (—), des gelösten (.....) Sauerstoff- und Ammonium-Iongehaltes zwischen 1965 — 1974.

Obwohl es uns bekannt ist, daß die zum Abbau des im Wasser vorhandenen organischen Stoffes nötige Sauerstoffmenge nicht von dem ChSB (chemischer Sauerstoffbedarf), sondern von dem BSB (biologischer Sauerstoffbedarf) ausgedrückt wird, ist der Vergleich der beiden Kurven miteinander dennoch sehr interessant. Bei der Auswertung muß auch vor Augen gehalten werden, daß der von uns untersuchte Donauabschnitt zu den weniger verunreinigten Strecken gehört. Der Ablauf der beiden Kurven weist darauf hin, daß während 1965 — 66 und zum Teil im Jahre 1967 die Menge des gelösten Sauerstoffes — zuweilen beträchtlich — höher war als der ChSB und diesen vollständig decken konnte, tritt vom Winter 1967 an die Verschlechterung der Verhältnisse allmählich in den Vordergrund. Die Verschlechterung der Wassergüte zeigen das allmähliche Ansteigen des ChSB und die allmähliche Abnahme des gelösten Sauerstoffgehaltes gemeinsam an. Die hervorspringend ungünstigen Verhältnisse im Winter des Jahres 1969 können vor allem mit dem anhaltenden Zufrieren erklärt werden. Mit den schädlichen Auswirkungen des Eises haben sich früher S z e m e s und B o z z a y befaßt (1964) und sie waren es, die auf die Akkumulation des organischen Stoffes unter dem Eispanzer hingewiesen haben.

Insbesondere interessant sind die Kurven der Jahre 1971–72–73, bei welchen sich in der stets längeren Periode des Jahres der gelöste Sauerstoffgehalt weniger erweist als der ChSB. Diese Tatsachen werden von der Kurve mit den monatlichen Durchschnittswerten des Ammonium-Iongehaltes noch mehr unterstützt. In der Änderung der Ammonium-Ionmenge ist ebenfalls eine jahreszeitliche Periodizität zu beobachten, die eigentlich mit dem Sauerstoffverbrauch identisch ist, vermutlich aus den gleichen Ursachen, die wir im Zusammenhang mit den jahreszeitlichen Änderungen des organischen Stoffes ausgelegt haben. Der Abbildung nach hat das Tempo des Anwachsens der Ammonium-Ionmenge vom Jahre 1971 an die des ChSB übertroffen.

Im Laufe unserer Arbeit haben wir die sich auf den Abbau des organischen Stoffes ausgeübte Wirkung der Temperaturänderungen sowie auf die ungünstige Gestaltung der Wassergüte der Donau beziehenden Angaben mitgeteilt. Im Zusammenhang mit diesen Fragen ergeben sich noch zahlreiche Probleme, deren Untersuchung in der Zukunft als nötig erscheint, besonders dann, wenn wir die zu erwartenden, durch Wärmeverunreinigungen erfolgenden und in einigen Jahren eintretenden sehr ungünstigen Auswirkungen in der Relation des Donauwassers in Betracht nehmen.

SCHRIFTTUM

- D v i h a l l y, Z s. T. 1973. Die Gestaltung der wasserchemischen Verhältnisse im ungarischen Donauabschnitt im Laufe des Jahres 1971. (Danubialia Hungarica LXVI). Ann. Univ. Sci. Budapest, Sect. Biol. 15: 23–30.
- K o z m a, E. V. 1972. Einige Daten über den organischen Stoffgehalt des Donauwassers. (Danubialia Hungarica LXIII). Ann. Univ. Sci. Budapest, Sect. Biol. 14: 47–51.
- K o z m a, E. V. 1975. Untersuchungen über die Veränderungen des organischen Stoffgehaltes des Donauwassers. (Danubialia Hungarica). Ann. Univ. Sci. Budapest, Sect. Biol.
- L e i t h e, W. 1972. Die Analyse der organischen Verunreinigungen in Trink-, Brauch- und Abwässern. Stuttgart. 172 p.
- S z e m e s, G. B o z z a y, E. 1964. A jég alatti Duna-víz kémiai és mikrobiológiai minőségéről az 1963. év rendkívül hideg telén. (Die chemische und mikrobiologische Beschaffenheit des Donauwassers unter dem Eis im außergewöhnlich strengen Winter des Jahres 1963. (Hidrológiai Közlöny, 44: 224–229.